

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

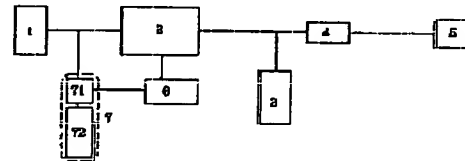
(11) Publication number: **06133472 A**(43) Date of publication of application: **13.05.94**

(51) Int. Cl. **H02J 7/35**  
**H01L 31/04**  
**H02J 3/38**

(21) Application number: **04280171**(71) Applicant: **CANON INC**(22) Date of filing: **19.10.92**(72) Inventor: **TAKEHARA NOBUYOSHI****(54) SUNLIGHT POWER GENERATING SYSTEM****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To utilize the output of a solar battery effectively by maintaining the voltage at a power receiving terminal normally even if the voltage of an electric power system is high.

**CONSTITUTION:** A solar battery array 1, an inverter 2, which converts the DC generated by the solar battery array 1 into the AC, and an electricity storage means 7 are provided. The output of the inverter 2 is connected to a commercial electric power system 5 through an interconnection protective device 4. When the voltage of the commercial electric power system 5 exceeds a specified value, the generated energy of the solar battery array 1 is stored in a secondary battery 72 constituting the electricity storage means 7.



COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-133472

(43)公開日 平成6年(1994)5月13日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 J 7/35	K	9060-5G		
H 0 1 L 31/04				
H 0 2 J 3/38	G	6447-5G		
		7376-4M	H 0 1 L 31/ 04	K

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-280171

(22)出願日 平成4年(1992)10月19日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 竹原 信善

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ  
ン株式会社内

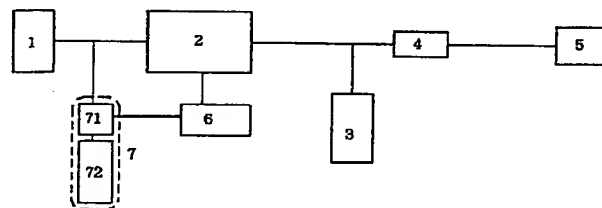
(74)代理人 弁理士 福森 久夫

(54)【発明の名称】 太陽光発電システム

(57)【要約】

【目的】 電力系統の電圧が高い時でも受電端の電圧を正常に維持したままで太陽電池の出力を有効利用する。

【構成】 太陽電池アレイ1、太陽電池アレイ1によって発電された直流を交流に変換するインバーター2、蓄電手段7を有する。インバーター2の出力は、連系保護装置4を介して商用電力系統5に接続される。商用電力系統5の電圧が所定の値を超えた時に蓄電手段7を構成する二次電池72に太陽電池アレイ1の発電エネルギーを蓄える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 太陽電池、太陽電池によって発電された直流を交流に変換するインバーター、および蓄電手段を有し、前記インバーターの出力が電力系統に接続されている太陽光発電システムにおいて、前記電力系統の電圧が所定の値を超えた時に前記蓄電手段に前記太陽電池による発電エネルギーを蓄えることを特徴とする太陽光発電システム。

【請求項2】 前記蓄電手段が前記インバーターの出力側に接続されており、また前記蓄電手段が二次電池と、前記二次電池ならびに前記電力系統に接続される交流直流変換手段を具備している請求項1記載の太陽光発電システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は太陽光発電システムに関し、より詳しくは、一般家屋で使用されている低圧系統等の電力系統に接続される太陽光発電システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、地球温暖化や原発事故による放射能汚染等によって、環境とエネルギーに対する関心が急速に高まっている。こうした中で、太陽電池は再生可能かつ無尽蔵なクリーンエネルギー源として世界中から期待されている。ところで太陽電池は、当然のことながら、太陽のでている昼間しかエネルギーを取り出せない。よって太陽電池を安定したエネルギー源として使うためには何らかの補助手段が必要である。

【0003】このような補助手段として最良の方法は、太陽電池からの直流出力をインバーターで交流に変換し、この交流変換出力を我々が日常使用している商用交流系統等の電力系統と連系させ、即ち電力系統と併用する方法である。この方法は、太陽電池を屋根に設置すれば設置用の土地も不要なため、太陽電池システム普及の本命と見られている。日本でも、最近になって法制度の整備が進められ、上記のような系統連系システムが本格的に実用できるようになってきた。この種の系統連系システムの一例を図10に示す。

【0004】図10において、複数の太陽電池を直並列に組み合わせて作られた太陽電池アレイ1から出力される直流電力は、インバーター2を介して交流電力に変換された後、一般用負荷3と系統連系保護装置4に接続される。さらに負荷3とインバーター2には、系統連系装置4を介して商用電力系統5が接続されている。インバーター2は、制御装置6によって太陽電池の最大出力点追跡や力率を1にするための制御等の指令を受けている。この系統連系システムでは、一般用負荷3の消費電力がインバーター2の出力よりも小さいときには余剰分が商用電力系統5に逆潮流される。また一般用負荷3の消費電力がインバーター2の出力よりも大きいときには

不足分が商用電力系統5から供給される。そしてこのような構成の系統連系システムを用いることで、安定なエネルギー源として太陽電池発電設備を使用できるわけである。

【0005】尚、電力系統の異常は社会全体に大きな影響を及ぼすため、商用電力系統は電力会社によって、周波数、電圧、高調波歪等が厳格に維持管理されている。例えば、一般家庭で使用されている100V系では、電圧が $101 \pm 6$ Vと電気事業法で定められている。当然のことながら、系統に逆潮流する太陽光発電システムも上記電圧範囲を逸脱しないようにしなければならない。このほかにも、電力系統に接続される太陽光発電システムには、力率を1近くに維持すること、高調波電流歪率を5%以下に押さえること等の技術的基準が定められている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のように商用電力系統と太陽光発電システムを接続するためには、当然のことながら、これらの間で配電線を接続する必要がある。また配電線はインピーダンスを有するため、送電の際に電圧降下を生じることが避けられない。例えば図4のような系において、商用電力系統13と需要家11の間には配電線インピーダンス12が存在するため、需要家11の受電電圧VRは商用電力系統13の系統電圧VSよりも下がってしまう。このため、商用電力系統13の系統電圧VSは、配電線インピーダンス12による電圧降下分を見込んで少し高めに設定されている。例えば、柱上変圧器の低圧側出力は105V設定となっており、無負荷時には需要家の受電電圧は105Vとなる。そして、太陽光発電システムから電力系統に電力を送り出す場合、この配電線インピーダンスが災いして需要家受電端での電圧が105Vを超えてしまうことになる。また例えば、30A消費時に受電電圧が101Vになるとすると、30Aを逆潮流させると電圧降下分が逆にかかり、109Vになり許容電圧範囲を超えてしまうことになる。

【0007】このような不都合を太陽光発電システム側で防ぐために最も簡単な方法は、太陽電池から発生する電流を抑制する方法である。ところがこの方法は、太陽から受けたエネルギーを有効利用するという観点からみれば問題がある。太陽エネルギーの一部を捨ててしまうことになるからである。

【0008】第2の方法としては、電力中央研究所で提案されている進相電力注入方式がある。この方式は効果があるけれど、出力皮相電力を大きくする必要があるため、インバーターの容量をあげなければならず、このため過電流保護機能に悪影響をもたらすおそれがあるし、また当然のことながら力率を下げてしまうことになる。即ち電力中央研究所の試算によれば、3KWの有効電力を標準的な低圧系統に送り込み、かつ電圧を107V以

下とするには、3Kvarもの無効電力を必要とする。このときの皮相電力は4.2KVAとなる。そして出力電流は42Aなので、少なくともこの範囲までは過電流保護機能を働かせられないことになる。本来なら、3KWに対する電流は30Aであるから、その10%増しである33Aぐらいで過電流保護機能を働かせるべきである。また、このときの力率は、0.7程度に低下する。このため、配電線には設計よりも大きな電流の流れる可能性があり、配電線に負担をかけることになる。

【0009】上記電圧維持問題をさらに複雑にしているものがある。それは、電力系統の電圧の不安定さである。電力系統は、すべての需要家に対して電圧維持を行うために、需要の変化に対応して発電所の開閉等で対処している。このため電力系統の電圧は一定しておらず、時々刻々と変化している。本発明者が測定したある一日の電力系統における電圧の実測値を図5に示す。矢印Aのところでは、系統の電圧が法定上限107Vに達しており、この時点では系統に電力を送り込むと電圧は上限値を超えてしまうことは明らかである。

【0010】上述してきたように、受電端電圧を法定値内に維持したまま、太陽電池の出力電力のすべてを無駄なく有効利用することが、既存の太陽光発電システムでは困難であった。

【0011】本発明は上記問題に鑑みなされたもので、電力系統の電圧が高い時でも受電端における電圧を正常値に維持したまま、太陽電池の出力を有効利用する太陽光発電システムを提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、太陽電池、太陽電池によって発電された直流を交流に変換するインバーター、および蓄電手段を有し、前記インバーターの出力が電力系統に接続されている太陽光発電システムにおいて、前記電力系統の電圧が所定の値を超えた時に前記蓄電手段に前記太陽電池による発電エネルギーを蓄えることを特徴とする太陽光発電システムが得られる。

【0013】

【作用】本発明の太陽光発電システムでは、インバーターの出力電圧すなわち受電端の電圧が法定上限値に達したとき、蓄電手段に電気エネルギーを蓄えはじめ。このため、電力系統に逆潮流される電力が減少し、電圧上昇を防ぐことができる。また電力系統の電圧が下がったときには蓄電した電気を放電して、この蓄えたエネルギーを電力系統に出力する。上記蓄電の際には、太陽電池の出力を抑制する必要がないため、太陽エネルギーを有効に利用できる。

【0014】よって、本発明によれば、法定電圧範囲を維持したまま太陽エネルギーを有効利用できる。そして電力系統に大量の進相無効電力を流入しなくてもよいから、過電流保護機能等に悪影響を与えることもなく、ま

た配電線に負担をかけることもない。

【0015】尚、本発明では電力系統の電圧の高いときに蓄電手段に蓄電するという制御方式なので、蓄電手段に使用する二次電池等は比較的小容量のもので良く、大容量の高価なものを用いずとも良い。

【0016】

【実施例】以下に本発明を実施例に基づき詳細に説明する。

（実施例1）図1に本発明の実施例1の太陽光発電システムを示した。太陽電池アレイ（太陽電池）1から発生した直流出力は、蓄電手段7ならびにインバーター2に接続されている。蓄電手段7は、充放電インターフェース71とは二次電池72で構成されている。充放電インターフェース71の役割は、二次電池72と太陽電池アレイ1との電圧整合をとること、並びに二次電池の充放電を制御することにある。太陽電池から最大の出力電力を取り出すための電圧は、その時の気象条件で概ね定まっている。一方、二次電池72の充電に必要な電圧も、電池の種類、及び電池の残量、温度等によってほぼ決まっている。無論、この2つの電圧の差がなるべく小さくするように設計時に太陽電池並びに二次電池の直列数を工夫しておくべきであるが、太陽電池の最大電力点の気象条件等による電圧変化は大きく、それに対して鉛電池等の二次電池の充電電圧の変化は小さいため、整合が取りにくい。従って電圧整合なしでこれらの電池を直結しても、一応本発明の意図は達せられるが、電圧不整合による若干の効率低下がある。

【0017】充放電インターフェース71は、通常は、電圧ステップアップ及びステップダウンの双方が可能なDC/DCコンバーターで構成される。このようなDC/DCコンバーターの原理図を図6に示す。スイッチ32を開閉することで、インダクタンス33に磁気エネルギーを蓄えて、これを電源として負荷に供給するものである。そしてスイッチ32のデューティ比を制御することで出力の電圧を制御できる。本発明の太陽光発電システムは、制御装置6によって充放電インターフェース71を制御する。また二次電池72としては、ニッカド電池、鉛電池、リチウム二次電池、ニッケル水素電池等が使用できる。

【0018】図7は、実施例1の用いられるインバーター2の一例である。太陽電池アレイ1から出力される直流電力は、直流フィルタ21を通じてスイッチング部22に供給され交流フィルタ23を通じて電力系統へ連系される。ここで、直流フィルタ21は、日射の急変等による出力の急変を補償するためのもので、高耐圧大容量のアルミ電解コンデンサ等が使用される。またスイッチング部22は、直流入力为正負を切り替えて負荷に供給する働きをもち、直流-交流変換の本質を担う部分である。この直流-交流変換部分については、種々の方法が提案されているが、低圧の系統連系用としては電圧型電

流制御PWM方式が主流となっている。この方式は、高調波歪の非常に少ない出力波形が得られるという特徴がある。またスイッチング部に用いられる素子としては、パワートランジスタ、パワーMOSFET、IGBT、SIT、サイリスタ、GTO等がある。現在は、数KW程度の出力容量ではパワートランジスタ、MOSFET、IGBT等の自己消弧型でスイッチング周波数を高くとれるものが使用されている。

【0019】インバーター2の出力は、一般用負荷3および連系保護装置4に接続され、連系保護装置4を介して、商用電力系統5に接続されている。連系保護装置4は、過電流等の異常時において太陽発電システムと商用電力系統5の接続を遮断する働きを持つ。

【0020】また制御装置6によって、充放電インターフェース71およびインバーター2の制御がなされる。制御装置6は、太陽電池アレイ1の出力電圧や電流、インバーター2の出力電流、出力電圧、力率、二次電池72の電圧や電流あるいは残量等を入力情報としてシステム全体を制御する。特に本発明において重要な情報は、インバーター2の出力電圧、および太陽電池アレイ1の出力電圧や出力電流、電池の残量である。少なくとも、この4つの情報がないと本発明の目的を達成することができない。制御装置6は、マイクロコンピュータ及びその周辺インターフェース素子から構成されている。たとえば、マイコンとしてはZ80、8086、V30、68000等があげられ、周辺インターフェースとしてはパラレルインターフェースやDMA、A/Dコンバーター等があげられる。尚、実施例1では制御システムはデジタル制御系で構成したが、アナログ系でも構成しても何等支障はない。尚、制御手段8で、連系保護装置4を

制御することも可能である。

【0021】次に、以上の構成である実施例1の動作について説明する。太陽が昇り、光が太陽電池に入射すると、太陽電池アレイ1に起電力が発生する。制御装置6は、太陽電池アレイ1の電圧を検出し、次に商用電力系統5の状態を調べる。商用電力系統5の状態に異常がなければ、インバーター2のスイッチング手段を開閉させ、直流交流変換を行い、商用電力系統5にエネルギーを流出させる。この状態で、太陽電池アレイ1の出力電力が最大になるように、上記スイッチング手段のデューティ比を変化させて、太陽電池アレイ1から最大出力を取り出すようにする。この時の出力電流の位相は出力電圧位相と合うように制御され、ほぼ力率が1に保たれる。

【0022】この時点で、インバーター2の出力電圧が法定値以内なら、運転を継続する。またインバーター2の出力電圧が法定値を超えている場合は、制御装置6は充放電インターフェース71に対して充電指令を出し、あらかじめ放電させてあった二次電池72の充電を開始する。この際、太陽電池アレイ1の最大出力点を維持し

たままインバーター2の出力電力を下げ、即ち電圧が法定値まで下がるようにインバーター2および充放電インターフェース71のスイッチング手段を同期させて制御する。さらに、この同期制御において法定電圧まで下がらない場合には、インバーター2の動作を止めて、太陽電池アレイ1の出力を全部充電に振り向ける。このような充電動作は、系統電圧が法定上限値から数V下がるまで続けられる。標準的な低圧配電線の場合には、逆潮流させる電力にもよるが、3から5V程度下がるまで充電動作を続けるのが望ましい。電力系統の電圧は時々刻々と変化しており、また、日射量の変動もあるから、電圧の高い状態は、そう長くは続かず、せいぜい30分以内である。従って、本発明に用いられる二次電池の容量は比較的小容量で十分であり、例えば最大出力1KWの太陽電池に対して500Whの容量があれば良い。これは、放電深度を100%とした場合、自動車用バッテリー1個分に相当する。当然のことながら、二次電池は、放電深度100%では寿命が極端に短くなるから、もう少し容量は必要であるが、巨大なバッテリーが必要なのは明らかである。尚、充電動作中に満充電状態に達し、かつ系統の電圧が下がっていないときには、充電動作も止め、システムは系統電圧が下がるまで待機状態になる。

【0023】一方、受電電圧が下がり、且つ太陽電池アレイ1からの出力電力が十分に小さくなった時には、先ほど充電した二次電池72から充放電インターフェース71を介してインバーター2に直流電力を送り込む。インバーター2は、太陽電池アレイ1の出力と二次電池72からの出力を合わせて、商用電力系統5に電力を逆潮流させる。この動作は、二次電池72の残量が空となるまで続けられる。但し、動作中に受電電圧が法定値上限を超えた場合には、再び充電動作に入る。

【0024】また実施例1のシステムの動作例を図8に示す。図8において、実線Aは実施例1のシステムを受電電圧を表す。実線Bは実施例1のシステムにおける太陽電池アレイの発電電力であり、また横軸は時刻を表している。そして実施例1のシステムでは、受電電圧が法定値に保たれ、且つ力率も落ちず、従って太陽電池アレイの出力電力が有効利用されていることがわかる。

【0025】また、太陽電池（太陽電池アレイ）から発生する電力を抑制するタイプの従来のシステムの動作を図9に示す。図9では、実線Aで示した受電電圧が上がったときには、実線Bで示した太陽電池の出力が抑制され、このため斜線で示した太陽電池が出し得る出力分を捨ててしまっていることがわかる。これに対し、実施例1のシステムでは、図9の斜線部に相当するエネルギーは、二次電池に蓄えられる。

（実施例2）本発明の実施例2のシステム構成を図2に示す。この実施例2の特徴は、充放電インターフェース71と二次電池72がインバーター2の出力側に配置さ

れていることにある。このような構成では、充放電インターフェース4は、インバーターの機能を持つ必要がある。この構成では、蓄電手段7は、太陽電池用のインバーター2とは別の独立した制御系を持っても良い。即ち、従来型のシステムに外付けして、本発明のシステムとなすことができるという特徴がある。すなわち、受電電圧を監視する機能と充放電を制御する機能を充放電インターフェース71に持ち、太陽電池の最大電力点追従制御をインバーター2の制御装置6に持たせれば良い。このような「外付け型」の構成でも、本発明の目的を完全

に達成できる。  
 (実施例3) 図3に本発明の実施例3に示す。この実施例3では、充放電インターフェース71は単純なスイッチであり、また二次電池72としてかなり乱暴な充放電に耐えるニッカド電池を採用している。実施例3においては、充放電インターフェース71が単純なスイッチであるため、きわめて安価にシステムを構成できるという特徴がある。即ち、受電電圧が上昇したときには、この充放電インターフェイス71からなるスイッチを閉じて蓄電池を充電する。このとき、受電電圧が下がるようにインバーター2の出力は絞られ、同時に太陽電池アレイ1の出力電圧は高くなり、電池への充電量が増える。また受電電圧が下がり、太陽電池アレイ1の出力が小さくなったときに、二次電池72からエネルギーを放電させる。即ち、インバーター2の出力を上げて、電池からエネルギーを吸い上げる。

【0026】尚、この方法では、二次電池72の充電電圧を太陽電池の最大動作点付近に選ばないと、システムの効率が下がったり、あるいは二次電池72の寿命を縮めたりすることがある。このため二次電池72は慎重に選定する必要がある。また例えば、リチウム二次電池はシビアな充放電管理が必要であるため、実施例3のような場合には使わない方がよい。

【0027】

【発明の効果】以上の通り、本発明の太陽光発電システムによれば、以下のような効果を奏する。電力システムの電圧が高い時でも受電端の電圧を正常に維持したまま太陽電池の出力を有効利用する。

(1) 系統系統の電圧が高い時に蓄電手段に電気を蓄えることで、インバーターの出力電圧が法定値を超えることが防止される。これにより、太陽光発電システムの出力電圧を法定値内に維持したまま、太陽電池を最大出力点で運転でき、このため太陽エネルギーを有効に利用することができる。

(2) 電圧維持のために電力システムに対して進相無効電力を注入することがないので、インバーターの容量を増加させる必要がない。また進相無効電力を注入しないの

で、力率が下がらず、配電線に負担をかけない。更に出力電流を増やさなくともよいので過電流保護機能にも悪影響を与えない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の太陽光発電システムの説明図である。

【図2】本発明の実施例2の太陽光発電システムの説明図である。

【図3】本発明の実施例3の太陽光発電システム説明図である。

【図4】太陽光発電システムにおける受電時、並びに逆潮流時の受電電圧の変化の説明図である。

【図5】電力システムにおける電圧変動データの一例を示したグラフである。

【図6】実施例に使用される充放電インターフェースを構成するDC/DCコンバーターの原理を示した説明図である。

【図7】実施例で使用されるインバーターの構成の一例を示した説明図である。

【図8】本発明の太陽光発電システムの動作を示すグラフである。

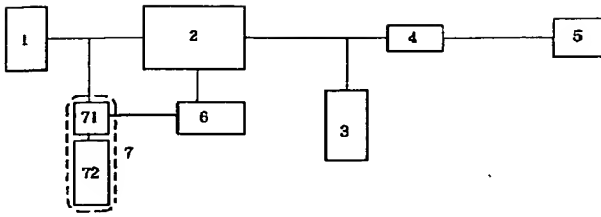
【図9】従来の太陽光発電システムの動作を示すグラフである。

【図10】太陽光発電システムの従来例を示した説明図である。

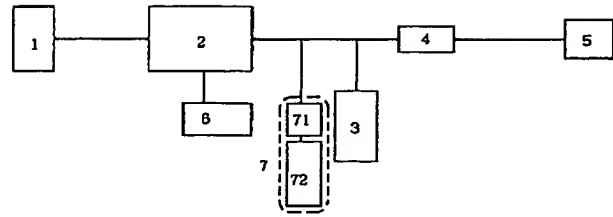
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | 太陽電池アレイ     |
| 2  | インバーター      |
| 3  | 一般用負荷       |
| 4  | 連系保護装置      |
| 5  | 商用電力系統      |
| 6  | 制御装置        |
| 7  | 蓄電手段        |
| 71 | 充放電インターフェース |
| 72 | 蓄電池         |
| 11 | 需要家         |
| 12 | 配電線インピーダンス  |
| 13 | 商用電力系統      |
| 31 | 直流電源        |
| 32 | スイッチング手段    |
| 33 | インダクタンス     |
| 34 | ダイオード       |
| 35 | コンデンサ       |
| 36 | 負荷          |
| VR | 受電電圧        |
| VS | 系統電圧        |

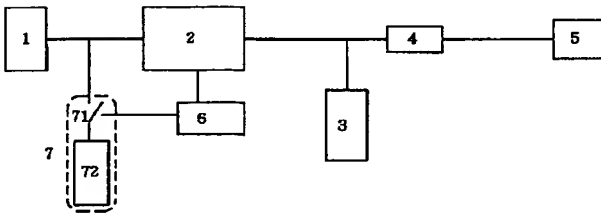
【図1】



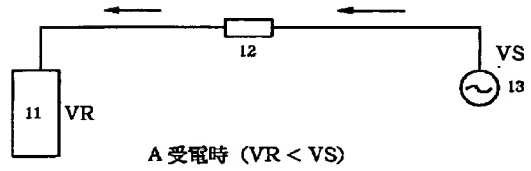
【図2】



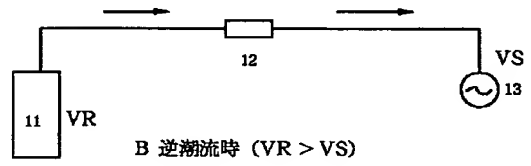
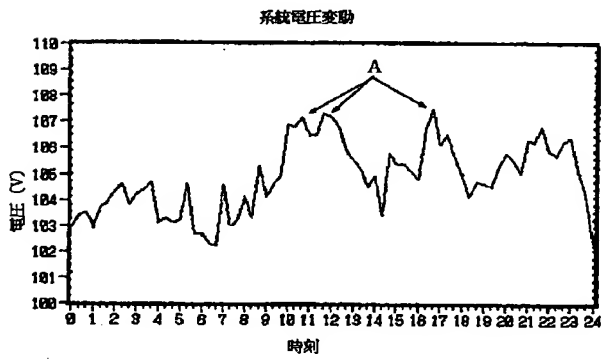
【図3】



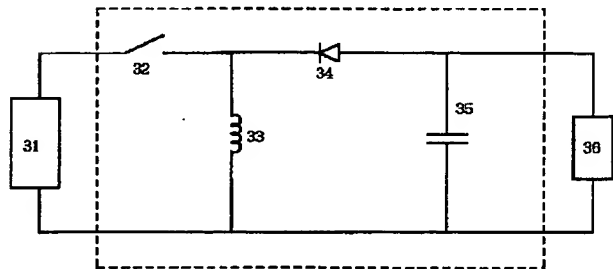
【図4】



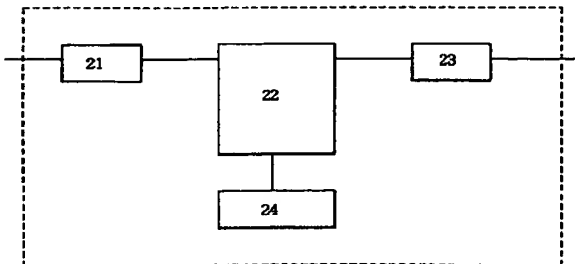
【図5】



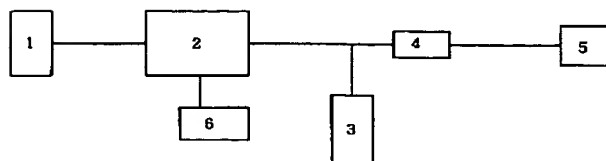
【図6】



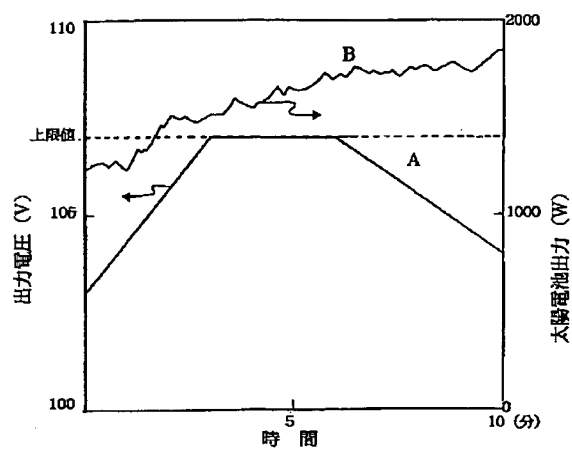
【図7】



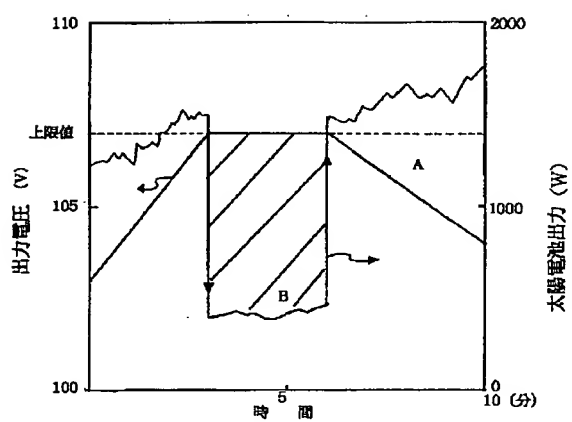
【図10】



【図8】



【図9】





## JAPANESE PATENT PUBLICATION (A)

(11) Publication number: 06-133472

(43) Date of publication of application: 13.05.1994

---

(51) Int.CI. H02J 7/35  
H01L 31/04  
H02J 3/38

---

(21) Application number: 04-280171 (71) Applicant: CANON INC

(22) Date of filing: 19.10.1992 (72) Inventor: TAKEHARA  
NOBUYOSHI

---

(54) SOLAR POWER GENERATING SYSTEM

(57) [Abstract]

[Object] To effectively utilize output of solar battery while maintaining normal voltage of power receiving terminal even when voltage of power system is high.

[Constitution] A system having a solar battery array 1, an inverter converting direct current generated by the solar battery array 1 to alternating current, and a power storing means 7. The output of the inverter 2 is connected through a linked protection device 4 to a commercial power system 5. When the voltage of the commercial power system 5 exceeds a predetermined value, the energy generated by the solar battery array 1 is stored in the secondary battery forming the power storing means 7.

[CLAIMS]

[Claim 1] A solar power system having a solar battery, an inverter converting a direct current generated by the solar battery to an alternating current, and a power storing means, the output of said inverter being connected to the power system, said solar power system characterized in that

when the voltage of said power system exceeds a predetermined value, the energy generated by said solar battery is stored in said power storing means.

[Claim 2] A solar power system as set forth in claim 1, wherein said power storing means is connected to the output side of said inverter and wherein said power storing means is provided with a secondary battery and an AC/DC converting means connected to said secondary battery and said power system.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of Utilization in Industry] The present invention relates to a solar power system, more particularly relates to a solar power system connected to a low voltage system used in the general home or other power system.

[0002]

[Prior Art] In recent years, global warming and radioactive contamination due to nuclear power station accidents have led to a rapid rise in interest in the environment and energy. In the midsts of all of this, solar batteries are being looked at with great hope from the world as a regeneratable endless source of clean energy. However, solar batteries only naturally generate energy in the daytime when sunlight is available. Therefore, some sort of auxiliary means is required for using solar batteries as stable sources of energy.

[0003] The best method for this auxiliary means is the method of converting the DC output from a solar battery to AC by an inverter and linking the AC converted output with a commercial AC system or other power system which we routinely use, that is, using it together with the electric

power system. This method also does not require any land for installation if installing the solar battery on the roof, so solar battery systems are beginning to spread in earnest. In Japan as well, recently the legal system is being set up. This type of system-linked system has therefore been coming into practical use in earnest. An example of this type of system-linked system is shown in FIG. 10.

[0004] In FIG. 10, a plurality of solar batteries are combined in series to make a solar battery array 1. The DC power output from it is converted through an inverter 2 to AC power, then connected to a general load 3 and system-linked protection device 4. Further, the load 3 and the inverter 2 are connected through the system-linked device 4 to a commercial power system 5. The inverter 2 receives a command from a control system 6 for tracking the maximum output point of the solar battery and making the power factor 1. In this system-linked system, when the power consumption of the general load 3 is smaller than the output of the inverter 2, the excess flows back to the commercial power system 5. Further, when the power consumption of the general load 3 is larger than the output of the inverter 2, the shortfall is supplied from the commercial power system 5. By using such a configuration of a system-linked system, it is possible to use a solar battery power generating facility as a stable source of energy.

[0005] Further, abnormalities in the power system have a major effect on society as a whole, so the commercial power system is strictly maintained by the power companies in frequency, voltage, harmonic distortion, etc. For example,

in the 100V system used in the general home, the voltage is set as  $101 \pm 6V$  by the Japanese Electric Power Utility Law. Only naturally, a solar power system feeding power back into the system also has to be kept from deviating from this voltage range. In addition, technical standards are set for solar power systems connected to the electric power system requiring the power factor to be maintained close to 1 and requiring the harmonic current distortion rate to be kept to less than 5%.

[0006]

[Problem to be Solved by the Invention] However, in the above way, connection of the commercial power system and solar power system only naturally requires a distribution line be connected between them. Further, a distribution line has impedance, so at the time of power transmission, a voltage drop is unavoidable. For example, in the system shown in FIG. 4, since there is the distribution line impedance 12 between the commercial power system 13 and user 11, the received voltage  $V_R$  of the user 11 ends up falling below the system voltage  $V_S$  of the commercial power system 13. For this reason, the system voltage  $V_S$  of the commercial power system 13 is set slightly high anticipating the amount of voltage drop due to the distribution line impedance 12. For example, the low voltage side output of the pole transformer is set to 105V. At the time of no load, the received voltage of the user becomes 105V. Further, when the solar power system sends power to the power system, this distribution line impedance unfortunately causes the voltage at the user's receiving terminal to end up exceeding 105V. Further, for example, if the received voltage becomes 101V at the time of

consumption of 30A, if feeding back 30A, the voltage drop acts in reverse resulting in a voltage of 109V or over the allowable voltage range.

[0007] The simplest method for preventing this problem at the solar power system side is to suppress the current generated from the solar battery. However, this method has problems when viewed from the perspective of the effective utilization of the energy received from the sun. This is because part of the solar energy would end up being discarded.

[0008] A second method is the advanced phase power injection system proposed by the Central Research Institute of the Electric Power Industry. This system is effective, but the output apparent power has to be increased, so inverter has to be raised in capacity. For this reason, there is liable to be a detrimental effect on the overcurrent protection function. Further, only naturally, the power factor ends up being reduced. That is, according to the test calculations of the Central Research Institute of the Electric Power Industry, to in order to send 3 kW of effective power to a standard low voltage system and keep the voltage below 107V, it is necessary to invalidate as much as 3 kvar power. The apparent power at this time becomes 4.2 kVA. Further, the output current becomes 42A, so at the very least in this range, the overcurrent protection function is kept from working. Originally, the current for 3 kW is 30A, so the overcurrent protection function should be made to work at around 33A or 10% higher. Further, the power factor at this time falls to about 0.7 or so. For this reason, a larger current than the design value may flow through the distribution line and

therefore a load may be placed on the distribution line.

[0009] The problem of maintenance of the voltage is further complicated. This is due to the instability of the voltage of the electric power system. The electric power system maintains the voltage for all users by opening/closing power stations and substations to deal with changes in demand. For this reason, the voltage of the electric power system is not constant but changes every second. The inventors measured the voltage in the electric power system for one day. The measured values are shown in FIG. 5. The arrow A shows that the voltage of the system reached the legal upper limit of 107V. If feeding power into the system at this time, it is clear that the voltage will end up exceeding the upper limit value.

[0010] As explained above, making effective utilization of all of the output power of a solar battery without waste while maintaining the receiving terminal voltage within the legal value is difficult with existing solar power systems.

[0011] The present invention was made in consideration of the above problem and has as its object the provision of a solar power system making effective utilization of the output of a solar battery while maintaining the voltage at the power receiving terminal at a normal value even when the voltage of the power system is high.

[0012]

[Means for Solving the Problem] According to the present invention, there is provided a solar power system having a solar battery, an inverter converting a direct current generated by the solar battery to an alternating current, and a power storing means, the output of said inverter being connected to the power system, said solar power

system characterized in that when the voltage of said power system exceeds a predetermined value, the energy generated by said solar battery is stored in said power storing means.

[0013]

[Mode of Operation] In the solar power system of the present invention, when the output voltage of the inverter, that is, the voltage at the power receiving terminal, reaches the legal upper limit value, the electrical energy starts to be stored in the power storing means. For this reason, the power fed back to the electric power system is reduced and a rise in voltage can be prevented. Further, when the voltage of the electric power system falls, the stored electric power is discharged and this stored energy is output to the electric power system. When storing power, there is no need to suppress the output of the solar battery, so the solar energy can be effectively utilized.

[0014] Accordingly, according to the present invention, it is possible to effectively utilize the solar energy while maintaining the legal voltage range. Further, it is not necessary to send a large amount of advanced phase invalid power to the electric power system, so there is no detrimental effect on the overcurrent protection function etc. and no load placed on the distribution line.

[0015] Further, in the present invention, when the voltage of the power system is high, the power is stored in the power storing means in this control system, so the secondary battery etc. used in the power storing means may be one of a relatively small capacity. It is not necessary to use large capacity, expensive one.

[0016]

[Embodiments] Below, the present invention will be explained in detail based on embodiments.

(First Embodiment) FIG. 1 shows a solar power system of a first embodiment of the present invention. The DC output generated from the solar battery array (solar battery) 1 is connected to the power storing means 7 and inverter 2. The power storing means 7 is comprised of a charging/discharging interface 71 and a secondary battery 72. The roles of the charging/discharging interface 71 are to match the voltages of the secondary battery 72 and the solar battery array 1 and to control the charging/discharging of the secondary battery. The voltage for obtaining the maximum output power from the solar battery is generally determined by the weather conditions at that time. On the other hand, the voltage required for charging of the secondary battery 72 also is substantially determined by the type of the battery and the residual charge, temperature, etc. of the battery. Of course, the numbers of the solar batteries and secondary batteries should be designed so that the difference between these two voltages becomes as small as possible, but the voltage changes greatly due to the weather conditions at the maximum power point of a solar battery. As opposed to this, the change in the charging voltage of a lead battery or other secondary battery is small, so matching is difficult. Therefore, even if directly connecting these batteries without voltage matching, the object of the present invention is attained, but the efficiency drops somewhat due to the voltage mismatch.

[0017] The charging/discharging interface 71 is usually comprised of a DC/DC converter enabling both voltage step



up and step down. The principle of this DC/DC converter is shown in FIG. 6. By operating the switch 32, the magnetic energy is stored in the inductance 33. This is supplied to the load as a power source. Further, by controlling the duty ratio of the switch 32, it is possible to control the output voltage. The solar power system of the present invention controls the charging/discharging interface 71 by the control system 6. Further, as the secondary batteries 72, it is possible to use NiCAD batteries, lead batteries, lithium secondary batteries, nickel-hydrogen batteries, etc.

[0018] FIG. 7 shows an example of an inverter 20 used in the first embodiment. The DC power output from the solar battery array 1 passes through a DC filter 21 to be supplied to a switching unit 22 and passes through an AC filter 23 to be coupled with the electric power system. Here, the DC filter 21 is for compensating for sudden changes in sunlight. A high voltage resistance, large capacity aluminum electrolytic capacitor etc. is used. Further, the switching unit 22 is a part which acts to switch between positive and negative DC inputs for supply to the load and handles DC-AC conversion. Various methods have been proposed for this DC-AC conversion part, but the voltage type current control PWM system is becoming the mainstream for low voltage system linkage. This system is characterized by obtaining an output waveform with extremely small harmonic distortion. Further, the devices used in the switching unit include power transistors, power MOSFETs, IGBTs, SITs, thyristors, GTOs, etc. At the present time, with an output capacity of several kW or so, power transistors, MOSFETs, IGBTs, and other devices of the self-

extinguishing type with a high switching frequency are used.

[0019] The output of the inverter 2 is connected to the general load 3 and linked protection device 4 and is connected through the linked protection device 4 to the commercial power system 5. The linked protection device 4 acts at the time of overcurrent or other abnormalities to cut the connection between the solar power system and commercial power system 5.

[0020] Further, control system 6 controls the charging/discharging interface 71 and inverter 2. The control system 6 controls the system as a whole using the output voltage and current of the solar battery array 1, the output current, output voltage, and power factor of the inverter 2, and the voltage, current, or residual capacity of the secondary battery 72 as input information. In particular, the important information in the present invention is the output voltage of the inverter 2, the output voltage or output current of the solar battery array 1, and the residual capacity of the battery. At the least, if the four information is not available, the object of the present invention cannot be achieved. The control system 6 is comprised of a microcomputer and peripheral interface devices. For example, as the microprocessor, a Z80, 8086, V30, 68000, etc. may be mentioned, while as the peripheral interface, a parallel interface, DMA, A/D converter, etc. may be mentioned. Further, in the first embodiment, the control system was comprised of a digital control system, but it may also be comprised of an analog system. Further, the controlling means 8 can control the linked protection device 4.

[0021] Next, the operation of the first embodiment of this configuration will be explained. When the sun rises and light strikes the solar batteries, the solar battery array 1 generates electromotive force. The control system 6 detects the voltage of the solar battery array 1 then investigates the mode of the commercial power system 5. If there is an abnormality in the mode of the commercial power system 5, the switching means of the inverter 2 is operated, DC-AC conversion is performed, and energy is made to flow to the commercial power system 5. In this mode, the duty ratio of said switching means is changed so that the output power of the solar battery array 1 becomes the maximum and thereby the maximum output is obtained from the solar battery array 1. The phase of the output current at this time is controlled so as to match with the phase of the output voltage and the power factor is maintained at 1.

[0022] At time point of time, operation is continued if the output voltage of the inverter 2 is less than the legal value. Further, when the output voltage of the inverter 2 exceeds the legal value, the control system 6 issues a charging command to the charging/discharging interface 71 and starts the charging of the secondary battery 72 which had been discharged in advance. At this time, the output power of the inverter 2 is lowered while maintaining the maximum output point of the solar battery array 1, that is, the voltage is lowered to the legal value, by synchronously controlling the switch means of the inverter 2 and charging/discharging interface 71. Further, when not being lowered to the legal voltage in this synchronous control, the operation of the inverter 2 is stopped and the output of the solar battery array 1 is entirely assigned for

charging. This charging operation is continued until the system voltage falls to several V lower than the legal upper limit value. In the case of a standard low voltage distribution line, while depending on the power fed back, it is desirable to continue the charging operation until falling by 3 to 5V or so. The voltage of the electric power system changes each second. Further, the amount of sunlight also fluctuates, so the high voltage mode does not continue that long and continues for at most within 30 minutes. Therefore, the secondary batteries used in the present invention may be relatively small in capacity. For example, a capacity of 500 Wh for solar batteries of a maximum output of 1 kW is sufficient. This corresponds to one car battery when the discharging depth is 100%. Only naturally, the secondary batteries become extremely short in life at a discharging depth of 100%, so a slightly greater capacity is necessary, but it is clear that a giant battery is not required. Further, when reaching the fully charged state in the charging operation and the voltage of the system does not fall, the charging operation is stopped and system stands by until the system voltage falls.

[0023] On the other hand, when the received voltage falls and the output power from the solar battery array 1 becomes sufficiently small, the previously charged secondary batteries 72 send DC power through the charging/discharging interface 71 to the inverter 2. The inverter 2 combines the output of the solar battery array 1 and the output from the secondary batteries 72 and feeds the power back to the commercial power system 5. This operation is continued until the residual charge of the secondary battery 72 is drained. However, when the received voltage exceeds the

upper limit of the legal value during the operation, the charging operation is again started.

[0024] Further, an example of the operation of the system of the first embodiment is shown in FIG. 8. In FIG. 8, the solid line A shows the received voltage of the system of the first embodiment. The solid line B shows the power generated by the solar battery array in the system of the first embodiment. The abscissa shows the time. Further, in the system of the first embodiment, the received voltage is maintained at the legal value, the power factor also falls, therefore it is learned that the output power of the solar battery array is effectively utilized.

[0025] Further, the operation of a conventional system of a type suppressing the power generated from the solar batteries (solar battery array) is shown in FIG. 9. In FIG. 9, when the received voltage shown by the solid line A rises, the output of the solar battery shown by the solid line B is suppressed. For this reason, it is learned that the amount of output able to be generated by the solar batteries shown by the hatching ends up being discarded. As opposed to this, in the system of the first embodiment, the energy corresponding to the hatched part in FIG. 9 is stored in the secondary batteries.

(Second Embodiment) The system configuration of the second embodiment of the present invention is shown in FIG. 2. This second embodiment is characterized by the charging/discharging interface 71 and the secondary battery 72 being arranged at the output side of the inverter 2. In this configuration, the charging/discharging interface 4 has to have the function of an inverter. In this configuration, the power storing means 7 may have an

independent control system separate from the inverter 2 of the solar batteries. That is, it is possible to externally attach this to a conventional type of system so as to obtain the system of the present invention. That is, it is possible to have the function of monitoring the received voltage and the function of controlling the charging/discharging handled by the charging/discharging interface 71 and have the maximum power point tracking control of the solar battery handled by the control system 6 of the inverter 2. Even with this type of "externally attached" configuration, the object of the present invention can be completely achieved.

(Third Embodiment) FIG. 3 shows a third embodiment of the present invention. In this third embodiment, the charging/discharging interface 71 is a simple switch. Further, as the secondary batteries 72, an NiCAD battery able to withstand considerably rough charging/discharging is employed. In the third embodiment, since the charging/discharging interface 71 is a simple switch, an extremely inexpensive system can be configured. That is, when the received voltage rises, the switch comprised of this charging/discharging interface 71 is closed to charge the storage battery. At this time, the output of the inverter 2 is reduced so that the received voltage falls. At the same time, the output voltage of the solar battery array 1 rises and the amount of charging of the batteries increases. Further, when the received voltage falls and the output of the solar battery array 1 becomes smaller, the secondary batteries 72 discharge energy. That is, the output of the inverter 2 is raised and energy is sucked up from the batteries.

[0026] Further, with this method, if the charging voltage of the secondary batteries 72 is not selected to be close to the maximum operating point of the solar batteries, the system efficiency falls or the life of the secondary battery 72 is shortened. For this reason, the secondary batteries 72 have to be carefully selected. Further, for example, lithium secondary batteries require severe charging/discharging control, so should not be used in the case of the third embodiment.

[0027]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the solar power system of the present invention, the following effects are exhibited: Even when the voltage of the electric power system is high, the output of the solar batteries is effectively utilized while maintaining a normal voltage at the power receiving terminal.

(1) When the voltage of the system is high, electric power is stored in the power storing means, so the output voltage of the inverter can be prevented from exceeding the legal value. Due to this, the solar batteries can be operated at the maximum output while maintaining the output voltage of the solar power system within the legal value and for this reason the solar energy can be efficiently utilized.

(2) Since advanced phase invalid power is not injected into the power system to maintain the voltage, the capacity of the inverter does not have to be increased. Further, since no advanced phase invalid power is injected, the power factor does not fall and no load is placed on the distribution line. Further, since the output current does not have to be increased, there is also no detrimental effect on the overcurrent protection function.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[FIG. 1] An explanatory view of a solar power system of a first embodiment of the present invention.

[FIG. 2] An explanatory view of a solar power system of a second embodiment of the present invention.

[FIG. 3] An explanatory view of a solar power system of a third embodiment of the present invention.

[FIG. 4] An explanatory view of the change of the received voltage at the time of receiving power and the time of feeding back power in the solar power system.

[FIG. 5] A graph showing an example of voltage fluctuation data in the power system.

[FIG. 6] An explanatory view showing the principle of a DC/DC converter forming a charging/discharging interface used in the embodiment.

[FIG. 7] An explanatory view showing an example of the configuration of an inverter used in the embodiment.

[FIG. 8] A graph showing the operation of the solar power system of the present invention.

[FIG. 9] A graph showing the operation of a conventional solar power system.

[FIG. 10] An explanatory view showing the prior art of the solar power system.

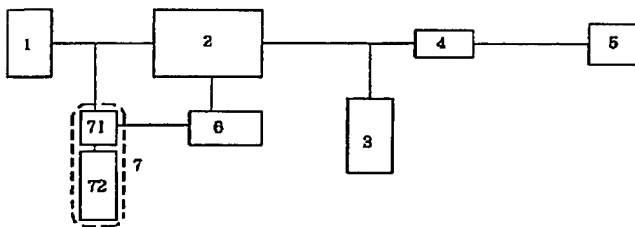
[Description of Notations]

- 1 solar battery array
- 2 inverter
- 3 general load
- 4 linked protection device
- 5 commercial power system
- 6 control system
- 7 power storing means

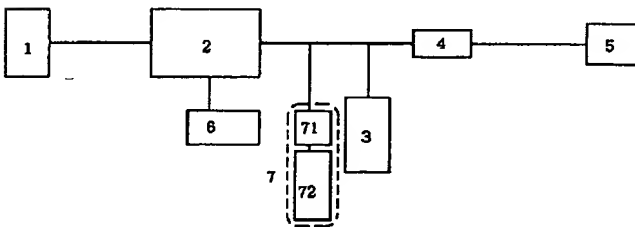


71 charging/discharging interface  
 72 storage battery  
 11 user  
 12 distribution line impedance  
 13 commercial power system  
 31 DC power source  
 32 switching means  
 33 inductance  
 34 diode  
 35 capacitor  
 36 load  
 VR received voltage  
 VS system voltage

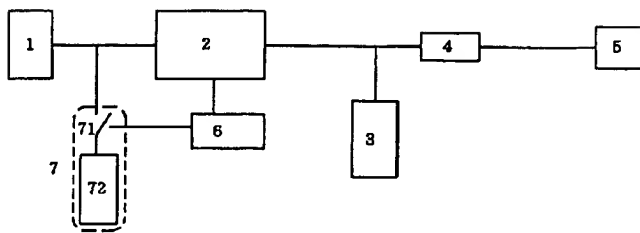
[FIG. 1]



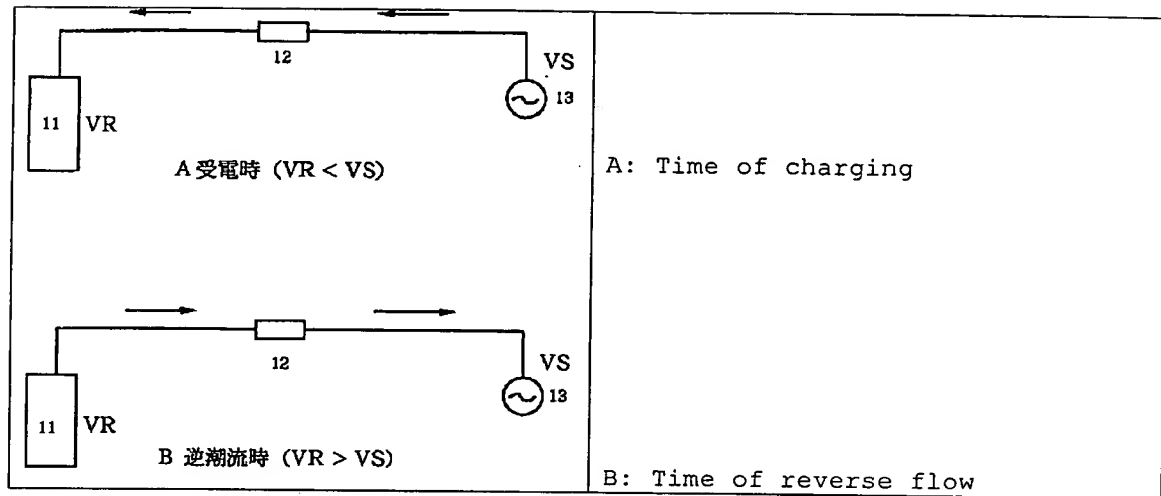
[FIG. 2]



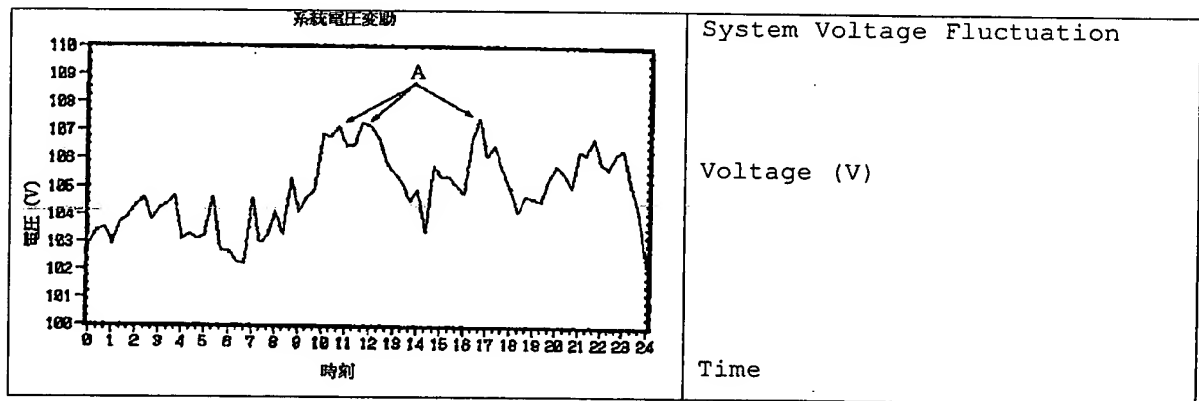
[FIG. 3]



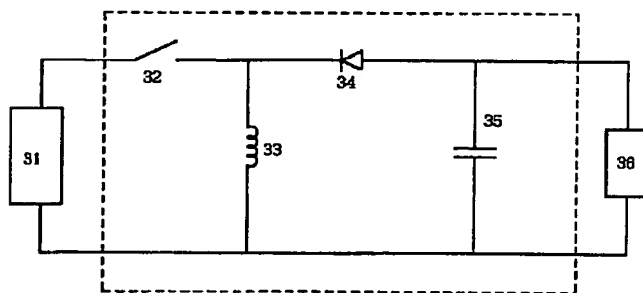
[FIG. 4]



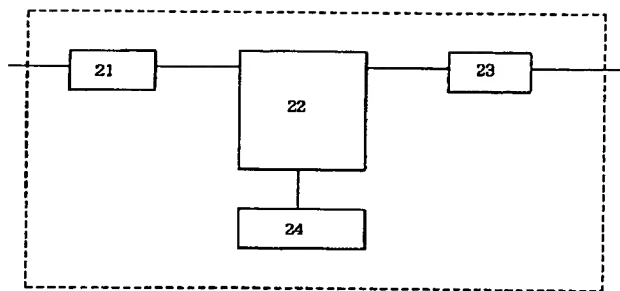
[FIG. 5]



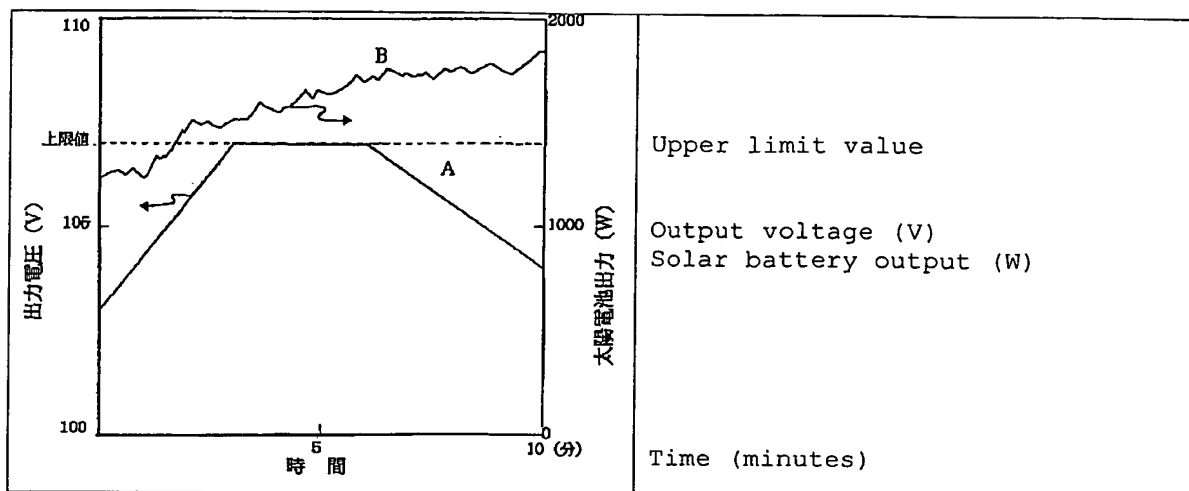
[FIG. 6]



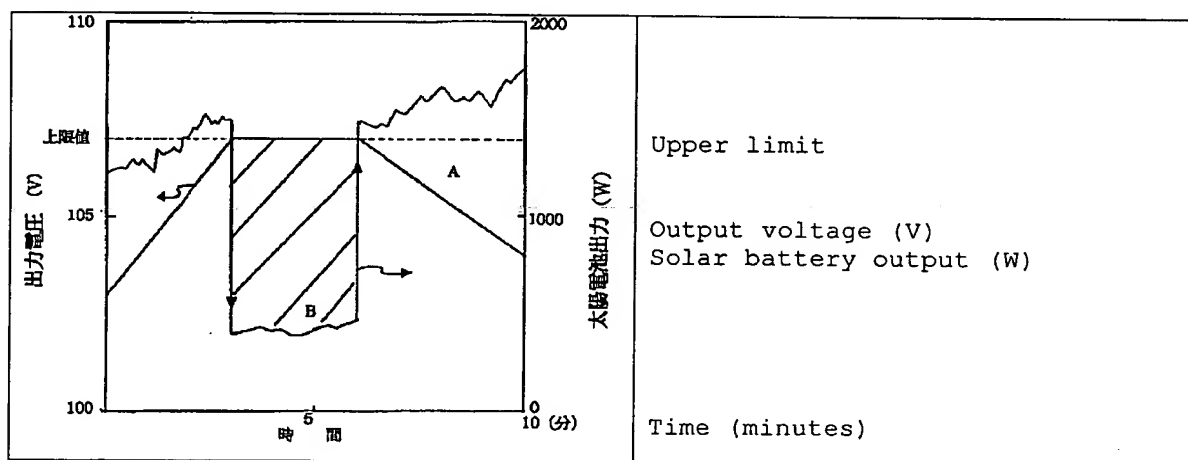
[FIG. 7]



[FIG. 8]



[FIG. 9]



[FIG. 10]

